

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Tereza Petroš Puchýřová

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Výběr multifunkčního automatu pro oční
optiky s využitím vícekritériálního
rozhodování**

The Selection of Multifunctional Machine
For Opticians Using Multicriteria Decision

Student:

Tereza Petroš Puchýřová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Zadání bakalářské práce

Student:

Tereza Petroš Puchýřová

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R040 Průmyslové inženýrství

Téma:

Výběr multifunkčního automatu pro oční optiky s využitím
vícekriteriálního rozhodování
The Selection of Multifunctional Machine for Opticians Using Multi-
Criteria Decision Making

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Vysvětlení základních pojmů.
2. Popis a analýza výchozí rozhodovací situace, stanovení cílů.
3. Návrhy variant řešení na základě zvolených kritérií.
4. Komplexní posouzení navrhovaných variant řešení a výběr optimální varianty.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.

FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2. přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.

ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby*. 1. vyd. Ostrava: Fakulta strojí VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9.

WISNIEWSKI, Mik. *Metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Přeložil Václav DOLANSKÝ. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-089-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použila informace k výzvě: „Implementace krajských akčních plánů“. Střední škola elektrotechnická, Ostrava, Na Jízdárně 30, příspěvková organizace s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 21. května 2018

Handwritten signature in blue ink, reading "Tereza Petrášová". The signature is written over a dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB - TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



Podpis autora práce

Tereza Petroš Puchýřová

Na Hermaně 698/11

Vratimov, 739 32

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PETROŠ PUCHÝŘOVÁ, T. *Výběr multifunkčního automatu pro oční optiky s využitím vícekritériálního rozhodování: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018. 50 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Bakalářská práce se zabývá výběrem nového multifunkčního automatu pro střední školu, zaměřenou na obor Optik, s pomocí metod vícekritériálního rozhodování. Úvodní část obsahuje obecnou charakteristiku řešené problematiky. Následuje analýza současného stavu, která zahrnuje informace o střední škole, vývoj počtu žáků v oboru Optik, prostorové uspořádání pracoviště a stanovení jeho kapacity. Poté byla vybrána vhodná kritéria a jednotlivé varianty multifunkčních automatů. Byla stanovena významnost kritérií a pomocí bazické metody bylo provedeno porovnání jednotlivých variant a doporučena nejvhodnější varianta k realizaci.

ANNOTATION OF BACHLEOR THESIS

PETROŠ PUCHÝŘOVÁ, T. *Selection of a multifunction optic automat on using multi-criteria decision making: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018. 50 pages. Leader: Šajdlerová, I.

The bachelor thesis deals with the selection of a new multifunctional automaton for secondary school, focused on the field of Optics, using multicriteria decision making methods. The introductory part contains a general characteristic of the problem solved. This is followed by an analysis of the current situation, which includes information on high school, the development of Optik pupils, the spatial organization of the workplace and the determination of its capacity. Then, the appropriate criteria and individual variants of multifunctional machines were selected. The significance of the criteria was determined and the basic method was used to compare variants and to recommend the most appropriate option for implementation.

Obsah

Obsah.....	7
Seznam značek a symbolů.....	9
Úvod.....	10
1 Obecná charakteristika řešené problematiky.....	11
1.1 Dějiny brýlové korekce	11
1.2 Historie broušení a multifunkčních automatů	12
1.2.1 Vývoj multifunkčních automatů.....	13
1.2.2 Použití a funkce multifunkčního automatu	14
1.3 Metody vícekritériálního rozhodování	15
1.3.1 Porovnání v trojúhelníku párů.....	15
1.3.2 Bazická metoda	17
1.3.3 Metoda PATTERN.....	17
Prostorové uspořádání výroby.....	18
1.4 Časové fondy.....	18
1.4.1 Nominální časový fond	19
1.4.2 Efektivní časový fond pracoviště	19
2 Analýza současného stavu.....	20
2.1 Střední škola elektrotechnická a její historie.....	20
2.2 Vývoj počtu žáků v oboru Optik	21
2.3 Prostorové a časové uspořádání pracoviště	23
2.3.1 Údržba multifunkčního automatu.....	24
2.4 Projekt odborného kariérového a polytechnického vzdělávání.....	25
2.5 Jak se podává OKAP.....	25
2.6 Cíl bakalářské práce	27
3 Vícekritériální rozhodování	27
3.1 Kritéria	28
3.2 Varianty.....	28
3.2.1 Varianta A	28
3.2.2 Varianta B	29
3.2.3 Varianta C	29
3.2.4 Varianta D	30
3.2.5 Varianta E.....	30
3.2.6 Varianta F	31
3.2.7 Varianta G	31

3.2.8	Tabulka všech variant.....	32
3.3	Stanovení koeficientů významnosti	33
3.4	Řešení rozhodovacího problému metodou Bazickou.....	35
3.5	Řešení metodou Pattern.....	37
3.6	Prostorové uspořádání	39
4	Zhodnocení a závěr	40
	Seznam použité literatury.....	41
	Seznam obrázků	42
	Seznam grafů.....	43
	Seznam tabulek	44
	Seznam příloh.....	45

Seznam značek a symbolů

A – počet sobot a nedělí v roce [dny/rok]
B – počet placených svátků v roce [dny/rok]
 B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria
 B_{jN} – normovaný koeficient významnosti j-tého kritéria
C – počet dnů celopodnikové dovolené [dny/rok]
CNC – komputer numeric control (počítačové numerické ovládání)
FD 80 – skener
FK – kalendářní časový fond [dny/rok]
FN – nominální časový fond [dny/rok]
FPE – efektivní časový fond pracoviště [hodiny/rok]
g – počet vzájemně zastupitelných pracovišť
h – počet hodin za směnu [hodiny]
 h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty
 h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty
ISŠ – integrovaná střední škola
ISŠT – integrovaná střední škola technická
PLC – programmable logic controller (programovatelný logický automat)
OKAP – odborné karierní a polytechnické vzdělávání
m – počet kritérií
N – počet kombinací v trojúhelníku párů
p – počet expertů
PD – pupilární distance
 p_i – počet variant
RVP – rámcový vzdělávací plán
SOU – střední odborné učiliště
SŠE – střední škola elektrotechnická
s – počet směn
UOV – učitel odborného výcviku
 V_j – hodnota dosaženého výsledku j-tého kritéria
 y_{kj} – počet bodů přiřazených k-tým expertem k j-tému kritériu
Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, prevence,... [hodiny/rok]
 z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

Úvod

Průmysl, celá naše ekonomika i ekonomika vyspělých zemí, prochází podstatnými změnami, o kterých se hovoří jako o 4. průmyslové revoluci. Digitalizace, zavádění informačních technologií, systémů umělé inteligence či kyberneticko-fyzických systémů v blízké budoucnosti ovlivní nejen výrobu či poskytované služby, ale zasáhne všechna odvětví hospodářství. Současné moderní firmy implementují stále více digitalizaci do svých strojů, zařízení a výrobních systémů, a snaží se nabídnout svým zákazníkům to nejlepší ze svých produktů. Digitalizace pronikla i do optického světa, kde se snaží výrobci multifunkčních automatů nabídnout opravdu to nejlepší, co mohou. V České republice je velmi omezený výběr multifunkčních automatů, nabízených tuzemskými firmami. Většina firem jsou firmy zahraničního původu.

Základním požadavkem dnešní doby je mít na všech středních školách v České republice střediska odborné praxe, (takzvaná odborná centra). Tento požadavek vychází z reálných potřeb firem a zaměstnavatelů, kteří vyžadují co největší propojení používaných technologií ve firmách s realizovanými výukovými postupy na středních školách. Technologické zaostávání výuky na středních školách je vzhledem k dynamicky se rozvíjícímu prostředí firem pochopitelné. V samotném důsledku pak zaostávají v odborném kompetenčním rámci nejen pedagogové, ale v konečném důsledku i žáci. Tato skutečnost zhoršuje jejich adaptabilitu v reálném pracovním prostředí firem. Daný stav může zlepšit úzká spolupráce vybraných odborných center (škol) s významnými a technologicky vyspělými partnery i možnost využití různých dotačních programů, zaměřených právě tímto směrem.








Cílem bakalářské práce je ověřit možnosti týkající se nabídky současných nabízených multifunkčních automatů pro oční optiky, které by byly vhodné pro praktickou výuku na střední škole a pomocí metod vícekritériálního rozhodování navrhnout optimální variantu pro realizaci nákupu.

1 Obecná charakteristika řešené problematiky

1.1 Dějiny brýlové korekce

Historie broušení a korekčních pomůcek pro lidský zrak je v současné době dostatečně zmapován, viz Tabulka 1.1. Důkazy leží v různých muzeích, jimž se podařilo nasbírat dobové výrobky, plastiky, obrazové a textové materiály, které dokumentují jejich historický vývoj. Z historických pramenů jsme se dozvěděli, že se lidé zabývali optikou již 500 let před naším letopočtem v antickém Řecku. Sklo bylo v té době známé, rovněž tak i primitivní technologie jeho zpracování¹.

Tabulka 1.1 Historie broušení a korekčních pomůcek

Století	Obsah	Obrázek
13.	Zvětšující účinek plankonvexní čočky, jako oddělené části skleněné koule, přiložené na pozorovaný detail.	
Druhá pol. 13.	Doba vzniku nýťovaných brýlí.	
16. – 17.	Schéma „stužkových“ resp. tkaničkových“ brýlí ze zemí dálného východu.	
18.	Nůžkové brýle	
19.	Lorňon. Užívali je hlavně šlechticové a vyšší měšťanské vrstvy.	
Počátek 20.	Klasické Windsorky. Typické kovové brýle s uniformovanými kulatými očníci a stranicemi typu „Komfort nebo Imperiál“, tj. s pružnými koncovkami.	
Dnešní doba	Brýle se dále vyvíjely, až do dnešní doby, kdy nabízí nové materiály a jejich kombinaci.	

1.2 Historie broušení a multifunkčních automatů





S technickým vývojem posledních desetiletí je neodmyslitelně spojen pokrok ve zpracovatelské technice. Zejména se to projevilo u zábrusových multifunkčních automatů, které v současné době vytlačily ruční způsob tvarového zábrusu brýlových čoček v očních optikách. V celkových důsledcích to přispělo ke zkvalitnění práce očního optika – brýle z multifunkčního automatu mohou být vzhledově i funkčně dokonalejší. Brousící multifunkční automat je kopírovací obvodová bruska, vybavená sadou diamantových kotoučů, kterou se má pomocí elektronického programu docílit maximálního brusného výkonu co do rychlosti, kvality a přesnosti.

Pořízením zábrusového multifunkčního automatu může oční optik nebo střední odborná škola zkvalitnit svou práci v oblasti:

- dodržení přesného tvaru a velikosti pravé a levé čočky v brýlích (kopírování podle očnice, staré čočky, šablony, fólie),
- volby obvodového průběhu hrany střežové fazety vůči okraji přední nebo zadní plochy čočky,
- přesnosti nastavení rotační polohy čočky před okem (osa cylindru, bifo, progresivní, prizma), rychlosti zábrusu,
- estetického vzhledu zhotovené obvodové fazety,
- vedlejších pracovních operací (ochranné fazety, leštění fazety, drážkování, vrtání čoček).

1.2.1 Vývoj multifunkčních automatů

Tabulka 1.2 Vývoj multifunkčních automatů

Období	Popis	
Cca 300 př.n.l.	První automaty najdeme již ve starověké Alexandrii. Na automatizaci starověkého světa se podílel především Hérón Alexandrijský zvaný <i>Méchanikos</i> . ³	
16. století	V Německu používalo k broušení čoček pevných brusných misek a toto broušení probíhalo bez vody. V Itálii proces broušení probíhal podobným způsobem, avšak pro úsporu času se k broušení používaly leptavé prostředky. V Nizozemí se pak čočky tvarovaly tepelně, ale neměly příliš vysokou optickou kvalitu.	
1925	Počátky brousicích strojů se objevují v 19. Století. Skla se brousila na pískových kamenech. Jedná se tedy o pískové kotouče, které byly upevněny na kovové ose a upevněna na dřevěné koze. ²	
1945	Poloautomat sklo je sevřeno mezi gumovky čelistmi vřetena, které se soustavou převodů otáčí proti směru pohybu brusného kotouče. Celá poloautomatická hlava se zvolna pohybuje axiálním směrem, takže sklo klouže po kotouči téměř po celé čelní ploše. ⁴	
1960	První generaci tvořily multifunkční automaty šablonové – pro zábrus čočky bylo nejprve potřeba vytvořit šablonu. Celý broušící systém se skládal ze tří etap: snímání tvaru očnice a výroby šablony pomocí šablonovačky. Předností automatu byla velmi nízká pořizovací cena a jednoduché ovládací prvky, nevýhodou pak jejich nedostatečná výkonnost a nezvládání složitějších operací.	
Současnost	Moderní 3D multifunkční automat umožňuje provádět několik úkonů najednou (současné broušení a vrtání), automatická kontrola uzavření dvířek, vyjímatelný odpadkový koš, faseta plochá, drážkování, leštění. Použití možných materiálů minerál, plast, polykarbonát, trivex.	

PLC představuje zkratku programovatelného logického automatu (z anglického Programmable Logic Controller). Přesto, že si pod pojmem automat mnozí představí zařízení 20. století, existovaly již před dvěma tisíci lety a bez nich bychom automaty v dnešní podobě neměli. Vývoj v oblasti multifunkčních automatů je uveden v Tabulce 1.2. Barevně (zeleně) je vyznačen příklad multifunkčního automatu, který je oblastí zájmu bakalářské práce.

1.2.2 Použití a funkce multifunkčního automatu

Multifunkční automat v oční optice můžeme chápat jako strojní zařízení, které má několik funkcí najednou současně brousí a vrtá, automaticky kontroluje uzavření dvířek, má vyjímatelný odpadkový koš, má funkci broušení ploché fasety. Multifunkční automat nové generace obsahuje drážkovací a lešticí kotouče.

Multifunkční automaty se rychle vyvíjí v závislosti na technickém pokroku i požadavku trhu. Změny jsou jednak v systému broušení – diamantové kotouče, vodní proud, frézy a dále v propojení měřících, centrovacích, kopírovacích a brousících jednotek. Ve školách v daném oboru je toto strojní zařízení velmi využíváno, a proto musí splňovat určitá kritéria, která jsou dále rozebírána v této bakalářské práci.

1.3 Metody vícekritériálního rozhodování

Rozhodováním můžeme rozumět výběr jedné varianty, nebo více variant objektů rozhodování, např. strojní zařízení, dopravní prostředky apod., z možností všech potenciálně realizovatelných variant. Probíhá na všech stupních hierarchie podniku, ale je možno jej použít i v jiných oblastech lidské činnosti. Rozhodovat může jednotlivec nebo skupina lidí. V případě, že se bude rozhodovat na základě více možností – kritérií, jedná se o vícekritériální rozhodování. Pro správné určení optimální varianty je nutné vybrat vhodná kritéria. Ta mohou být typu výnos nebo náklad. Rovněž je důležité stanovit sílu (důležitost) jednotlivých kritérií pomocí koeficientů významnosti. K jejich určení slouží např. tyto metody:

- Metoda pořadí
- Metoda známkování
- Metoda porovnávání v trojúhelníku páru

Vyšší koeficient významnosti daného kritéria znamená vyšší váhu kritéria při samotném rozhodování. K vlastnímu rozhodování lze použít některou z uvedených metod:

- Metodu vážených dílčích pořadí
- Metodu PATTERN
- Váženou bodovací metodu a další.

V této bakalářské práci bude využita pro řešení metoda porovnávání v trojúhelníku párů, metoda bazická a vážená bodovací metoda, a proto v dalších kapitolách se budu věnovat každé metodě samostatně.⁵

1.3.1 Porovnání v trojúhelníku párů

Jedná se o metodu, která složí ke stanovení koeficientů významnosti. Ze soustavy m kritérií se vytvoří trojúhelníková tabulka párů kritérií, která obsahuje N kombinací dle vztahu.⁵

$$N = \frac{m \cdot (m-1)}{2} \quad (1.1)$$

Kdy: N – počet kombinací porovnání v trojúhelníku párů
 m – počet kritérií

Každý hodnotitel ve své trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů zakroužkuje vždy to kritérium, které je podle jeho přesvědčení významnější. V případě, že hodnotitel není schopen některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považuje obě kritéria za stejně významné, pak zakroužkuje obě, viz tabulka 1.3. Bodová hodnocení od všech hodnotitelů se shrnou do tabulky⁵, viz tabulka 1.4. Každý pár má hodnotu jednoho bodu, který obdrží zakroužkované kritérium, případně půl bodu, pokud jsou zakroužkována v páru obě kritéria.

Tabulka 1.3 Příklad hodnocení kritérií 2. hodnotitele

1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7
	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7
		3	3	3	3
		4	5	6	7
			4	4	4
			5	6	7
				5	5
				6	7
					6
					7

Tabulka 1.4 Bodové hodnocení

Experti	Kritéria						
	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
1.	4,5	4,5	4,5	0,5	2	3,5	1,5
2.	4	3	3	3,5	1,5	5	1
3.	3	4	3	5	1	2	3
4.	1,5	0,5	3	3	5	5	3
5.	3	2,5	5	1	1,5	5	3
Y_j	16	14,5	18,5	13	11	20,5	11,5
B_j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3

Koeficienty významnosti (B_j) jednotlivých kritérií jsou pak dány průměrnou hodnotou bodů příslušného kritéria na počet posuzovaných hodnotitelů.⁵

$$Y_j = \sum_l^p Y_{kj} \quad (1.2)$$

$$B_j = Y_j/p \quad (1.3)$$

Kdy: p – počet hodnotitelů

m – počet kritérií

Y_{kj} – počet bodů přiřazených k-tým hodnotitelem j-tému kritériu

Pokud je určen podíl jednotlivých koeficientů významnosti, je provedeno tzv. normování koeficientů významnosti.

$$B_{jn} = \frac{B_j}{\sum_1^m B_j} \quad (1.4)$$

1.3.2 Bazická metoda

Nejprve je nutné vytvořit bazickou variantu, např. jako průměrné hodnoty z údajů všech uvažovaných variant (h_{bj}), a poté provést dílčí porovnání všech uvažovaných variant s variantou bazickou Z_{ij} , včetně zohlednění koeficientem významnosti.

$$\text{Pro kritéria typ náklady}^5: Z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (1.5)$$

$$\text{Pro kritéria typ výnosy}^5: Z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j \quad (1.6)$$

Kde: h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické metody

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

Z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

U kritérií typu výnos (brousící kotouč, drážkování, vrtání), se jedná o přímou úměru. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím je to výhodnější. Naopak u kritérií typu náklad (spotřeba energie, pořizovací cena,...) se jedná o nepřímou úměru. Čím vyšší je hodnota kritéria, tím je to nevýhodnější. Po sečtení všech vážených dílčích hodnot u každé varianty S_j lze provést vyhodnocení V_j . Na prvním místě je varianta, která má maximální hodnotu S_j .⁵


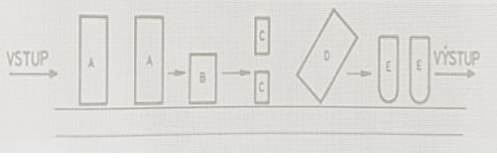
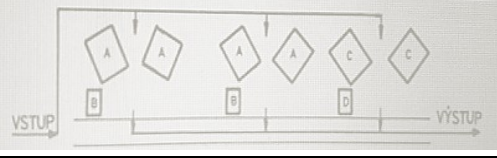
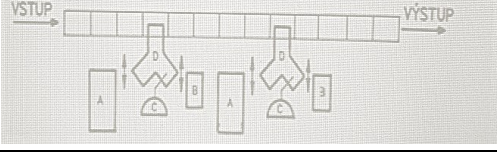
1.3.3 Metoda PATTERN

Postup stanovení celkového ohodnocení jednotlivých variant je blízký metodě bazické. Rozdíl spočívá v tom, že zatímco v metodě bazické varianty se bazická varianta často odvozuje od průměrných hodnot kritérií daného souboru variant, v tomto případě slouží jako základ hodnocení varianta vytvořená z nejhorších hodnot kritérií (dílčí ohodnocení variant nabývajících nejhorších hodnot důsledků je vždy = 1).¹⁴ Do výpočtů se pak dosazuje místo bazické hodnoty, hodnota nejhorší.

Prostorové uspořádání výroby

Prostorové uspořádání daných pracovišť může být rozdílné v závislosti na typu výroby, výrobním procesu či dalších požadavcích. Obecně známá a využívaná uspořádání jsou uvedena v tabulce 1.5.¹⁵

Tabulka 1.5. Prostorové uspořádání

Uspořádání pracovišť	Popis	Obrázek
Technologické	Je uspořádání pracoviště podle toho jak výrobek při výrobě prochází jednotlivými skupinami pracovišť. A jak je dán jeho postup práce.	
Předmětné	Pracovní předmět prochází plynule jednotlivými částmi pracovišť, které jsou uspořádány podle pracovního postupu od první do poslední operace na výrobku.	
Modulární	Představuje stejné technologické bloky, každý z nich plní více technologických funkcí. Provoz je složen s podobných nebo stejných center	
Buňkové	Je tvořeno vysoce produktivním strojem a mechanickým a automatickým okolím. Příklad roboti.	
Smíšené (kombinované)	Využívá dvou nebo více kombinací uspořádání tam, kde není možno využít jen jeden způsob uspořádání pracoviště.	

1.4 Časové fondy

Časové fondy udávají čas, který je k dispozici za určité časové období, zpravidla za rok (případně i za kratší časové období). Jelikož se časové fondy udávají většinou v hodinách, je nezbytné časové fondy vypočítané ve dnech převést na hodiny, a to v závislosti na směnnosti a počtu hodin v pracovní směně. Do výpočtů celkové kapacity pracoviště (F_{PE}) je nutné zapracovat i další relevantní faktory – počet zastoupených pracovišť, plánované prostoje apod. Časový fond, vždy závisí na příslušné organizaci a jejích konkrétních podmínkách.⁵

1.4.1 Nominální časový fond

Tento časový fond vyjadřuje počet dní v roce po odpočtu všech svátků, sobot a nedělí v daném roce.⁵

$$FN = FK - A - B \quad (1.6)$$

Kde: FN – nominální časový fond (dny/rok)
FK – kalendářní časový fond – celkový počet dnů v roce (dny/rok)
A – počet sobot a nedělí v roce (dny/rok)
B – počet placených svátků v roce (dny/rok)

1.4.2 Efektivní časový fond pracoviště

Jde o využitelný časový fond (kapacitu) pracoviště.⁵

$$FPE = (FN - C) \times h \times s \times g - Z \quad (1.7)$$

Kde: FN – nominální časový fond (dny/rok)
FPE – efektivní časový fond pracoviště (hodiny/rok)
C – počet dnů celopodnikové dovolené
Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, atd. (hodiny/rok)
g – počet vzájemně zastupitelných pracovišť
h – počet hodin za směnu (hodiny)
s – počet směn

2 Analýza současného stavu

2.1 Střední škola elektrotechnická a její historie

První učňovské středisko v počtu asi 60 žáků bylo zřízeno v době vzniku podniku Ústřední dílny OKR v roce 1951. V roce 1952 se vznikem pracovních záloh vzniklo Odborné učiliště SPZ č. 20 a sídlo bylo přesunuto z provozu dílen ČSD v Přívoze do Petřkovic. Teoretická výuka probíhala ve Vítkovicích. V té době se na učilišti učili profese: soustružník, elektromontér a zámečnick. V roce 1957 se zrušením pracovních záloh bylo učiliště opět převedeno pod Ústřední dílny, předchůdce dnešního BASTRA.

V následujících letech se učiliště několikrát stěhovalo hlavně z důvodu prostorových, jelikož počet žáků stoupal z 294 učňů v roce 1955 na 613 v roce 1960. V té době byla výuka zabezpečována v prostorách učiliště v Petřkovicích, dílen v Kunčicích a dílen ve Vítkovicích na Ocelářské ulici. V dalších letech počty žáků nadále rostly až na 1025 učňů v roce 1968. Střední odborné učiliště (dále jen SOU) získávalo další objekty, což však způsobovalo problémy při řízení SOU, které bylo značně roztržité.

V letech 1968 – 1969 dostává SOU konečnou podobu, kterou má dodnes. Teoretická výuka byla soustředěna do areálu učiliště Na Jízdárně a v prostoru Báňských strojů byla vyčleněna jedna hala pro dílny SOU. V polovině 80. let byly přestěhovány dílny oborů elektro z provozu 6 do budovy Na Jízdárně a rekonstruované budovy na Hlubinské ulici.

K 1. 1. 1991 došlo k další významné změně, kdy SOU, bylo vyčleněno z organizační struktury BASTRA a stává se samostatným tzv. právním subjektem, příspěvkovou organizací řízenou přímo Ministerstvem hospodářství ČR.

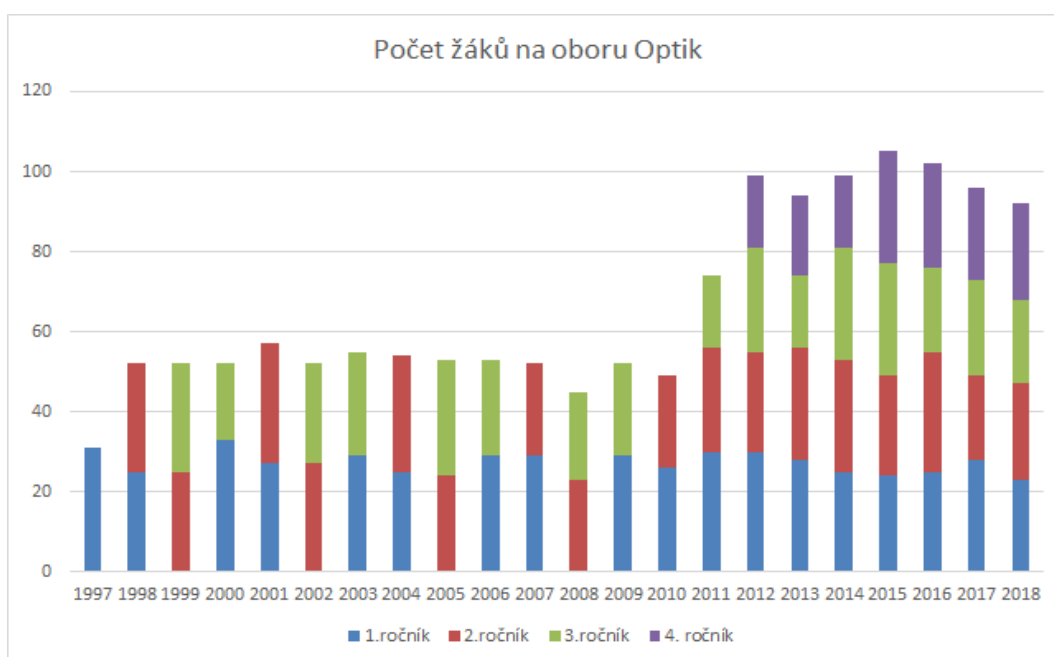
K poslední, a zároveň nejvýznamnější změně, došlo k 1. 9. 1994, kdy SOU bylo přeměněno na nový experimentální typ střední školy, který v sobě soustřeďuje výhody středních odborných učilišť a středních odborných škol. K 1. 9. 1994 byla zřízena nová příspěvková organizace Integrovaná střední škola (ISŠ).

Od 1. 9. 1997 došlo v rámci optimalizace sítě středních škol ke sloučení ISŠ s ISŠT 1. Máje a škola se od té doby orientuje především na obory elektro. Od 1. 1. 2006 škola změnila název na Střední škola elektrotechnická, Ostrava, Na Jízdárně 30, příspěvková organizace.⁷



Obrázek 2.1 SŠE Na Jízdárně 30, Ostrava⁷

2.2 Vývoj počtu žáků v oboru Optik



Graf 2.1 Vývoj počtu žáků na SŠE

Graf 2.1 ukazuje vývoj počtu žáků v oboru Optik v jednotlivých letech. Počet žáků za uplynulé časové období, pracujících na multifunkčním automatu, odpovídá počtu žáků 2. až 4. ročníku. Do roku 2012 byl obor Optik tříletým oborem. První ročník na multifunkčním automatu nepracuje.

Počet hodin, které musí studenti prakticky absolvovat na práci s multifunkčním automatem, je uveden v tabulce 2.1. Hodina představuje 60 minut praktického vyučování. Celkově je potřeba zajistit v letošním školním roce 1050 vyučovacích hodin.

Tabulka 2.1 Počet hodin za školní rok v ročnících

Ročník	Počet studentů v roce 2018	Počet skupin	Hodiny/školní rok/ skupinu	Hodiny/školní rok
2.	24	3	49	147
3.	24	3	133	399
4.	23	3	168	504
			Celkem	1 050



Graf 2.2 Podíl vyučovacích hodin za školní rok na multifunkčním automatu

2.3 Prostorové a časové uspořádání pracoviště

Rozmístění multifunkčních automatů v prostorách školních dílen může být považováno za individuální (výrobní procesy se neopakují), nebo skupinový, viz obrázek 2.2.



Obrázek 2.2 Umístění multifunkčního automatu⁶

Časové fondy udávají čas odpracovaný na daném multifunkčním automatu za školní rok. V případě školy je nutno zohlednit prázdniny (letní, pololetní atd.). V současné době máme pro praktickou výuku 3 multifunkční automaty. V rámci praxe je jedno, na jakém zařízení žáci praxi absolvují v průběhu vyučovací hodiny.




Tabulka 2.2 Výpočet časových fondů za rok 2017

Název časového fondu	Vzorec	Výpočet
Nominální	$FN = FK - A - B - p$	$365 - 105 - 10 - 77 = 173 \text{ dny/rok}$
Efektivní časový fond pracoviště	$FPE = FN \times h \times s \times g - Z$	$173 \times 7 \times 1 - 10 = 1201 \text{ h/rok}$
Legenda: FN – nominální časový fond (dny/rok) FK – kalendářní časový fond – celkový počet dnů v roce (dny/rok) A – počet sobot a nedělí v roce (dny/rok) B – počet placených svátků v roce (dny/rok) p – prázdniny za daný rok FN – nominální časový fond (dny/rok) FPE – efektivní časový fond pracoviště (hodiny/rok) Z – plánované prostoje – čištění stroje, diagnostika, atd. (hodiny/rok) g – počet vzájemně zastupitelných pracovišť h – počet hodin za směnu (hodiny) s – počet směn		

Volná disponibilní kapacita = 1201 – 1050 = **151** hodin/rok

Vypočtený efektivní časový fond pracoviště, viz tabulka 2.2, naznačuje, že je v současné době kapacitně dostačující pro zajištění požadované praxe stávajících žáků. Nicméně výsledky propočtů ukazují, že pokud by škola chtěla navýšit stávající počet žáků, pak toto navýšení může činit pouze 1 skupinu, cca 8 žáků, což s ohledem na naplněnost třídy 24 žáky se jeví jako nemožné.

Tabulka 2.3. Multifunkční automaty ve školní dílně SŠE

Typ multifunkčního automatu	Rok výroby	Obrázek
Takubomatic ECOM-6	1970	
Weco NC 90	1995	
Briot SX	2000	

V tabulce 2.3 jsou uvedeny stávající multifunkční automaty využívané k praktické výuce. Je zřejmé, že využívaná zařízení již kvalitativně neodpovídají požadavkům dnešní doby a rozhodně ne do budoucna.

2.3.1 Údržba multifunkčního automatu

Multifunkční brousící automaty mají poměrně snadnou údržbu. Musí se udržovat v čistotě nejen samotný multifunkční automat a jeho brousící kotouče, ale také vlastní pracovní místo. Na každý brusný kotouč existuje speciální brousící kámen. Každý brusný kotouč se nabrušuje pod určitým úhlem. Nejdůležitější je dodržení úhlu u kotouče, který slouží k zabrušování faset. Tuto údržbu si je škola schopna zajišťovat sama ze svých vlastních prostředků.

2.4 Projekt odborného kariérového a polytechnického vzdělávání

Jedná se o implementaci krajského akčního plánu rozvoje vzdělávání pro odborné školství. Spolupracujícím subjektem je myšlena pro účely této výzvy škola. Pro potřeby výzvy je za vedoucího pedagogického pracovníka považován zástupce ředitele školy.



Obrázek 2.3 OKAP

2.5 Jak se podává OKAP

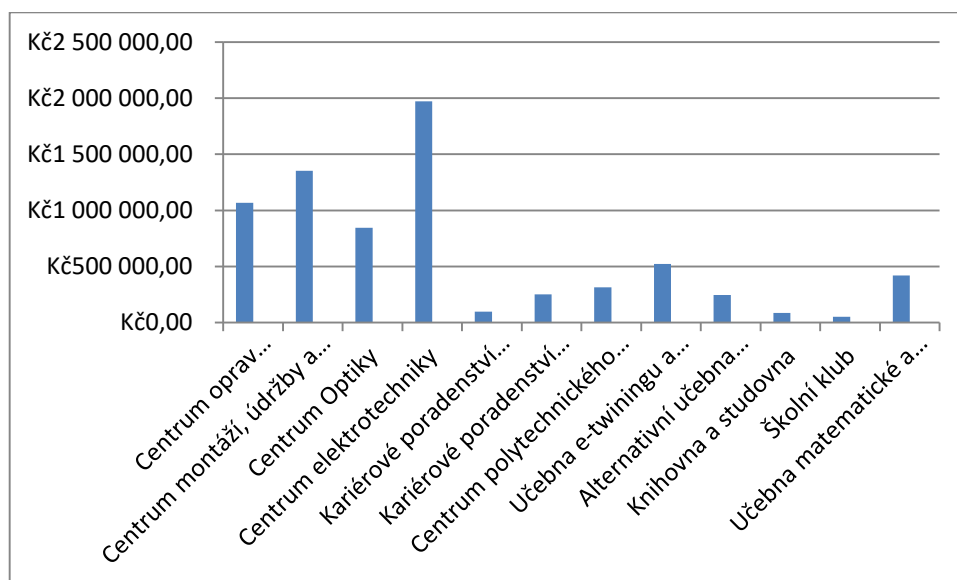
OKAP (odborné kariérové a polytechnické vzdělávání) je krajský projekt podaný na ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. Jedná se o investiční projekt čtrnácti škol a školských zařízení. Vybrané školy a školská zařízení byly osloveny Moravskoslezským krajským úřadem, aby zpracovaly požadavky na moderní vybavení, které chtějí zakoupit pro svou výuku. Mimo jiné byla vybrána naše škola, která se rozhodla investovat prostředky do dvanácti oblastí, mimo jiné do oblasti centra optiky. Do centra optiky bude zakoupen také předmětný multifunkční automat.

Moravskoslezský krajský úřad požadavky škol a školských zařízení po diskuzi upravil a podal na Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ke schválení. Projekt byl po mírných úpravách k 5. 03. 2018 schválen.

Dle zkušeností z minulých krajských projektů si nákup zařízení včetně výběrového řízení provádí Moravskoslezský krajský úřad sám na základě námi definovaných specifikací. Specifikace jednotlivých požadavků sepisují učitelé zodpovídající za jednotlivé oblasti sami.

Tabulka 2.4. Oblasti pro investování OKAP

Vytvoření, obnovení a dovybavení odborných učeben, laboratoří a dílen, s cílem podpory technického a odborného vzdělávání, v souladu s RVP škol a požadavky zaměstnavatelů. Zvyšování kvality absolventů středních odborných škol.	Ceny s DPH
Centrum oprav elektrotechnického zařízení	1 068 613,92 Kč
Centrum montáží, údržby a oprav zabezpečovací techniky	1 351 115,04 Kč
Centrum optiky	845 039,80 Kč
Centrum elektrotechniky	1 972 203,20 Kč
Kariérové poradenství (Kabinet)	99 141,59 Kč
Kariérové poradenství (Učebna)	252 625,89 Kč
Centrum polytechnického vzdělávání	313 160,10 Kč
Učebna e-twiningu a jazykových kroužků	521 798,34 Kč
Alternativní učebna čtenářské gramotnosti	246 576,69 Kč
Knihovna a studovna	86 347,85 Kč
Školní klub	52 865,85 Kč
Učebna matematické a finanční gramotnosti	418 609,06 Kč



Graf 2.3 Znáznornění investic

2.6 Cíl bakalářské práce

Na základě provedených analýz byl stanoven cíl práce. Cílem práce je ověřit možnosti týkající se nabídky současných nabízených multifunkčních automatů pro oční optiky, které by byly vhodné pro praktickou výuku na střední škole a pomocí metod vícekritériálního rozhodování navrhnout optimální variantu pro realizaci nákupu.

3 Vícekritériální rozhodování

Výběr variant a kritérií pro výběr nového multifunkčního automatu vycházelo s vyhodnocení výhod a nevýhod multifunkčního automatu ve školních dílnách.

Tabulka 3.1 Výhody a nevýhody multifunkčního automatu

Multifunkční automat	
Výhody	Nevýhody
Odhlučňný	Cena
Drážkuje	Velikost
Vrtá	Hmotnost
Plně automatický	
Propojitelný s PC	

Cena multifunkčního automatu by měla být pokud možno co nejnižší a to z důvodu, že za ušetřené finanční prostředky může střední škola dokoupit další potřebné vybavení pro obor Optik. Díky umístění multifunkčního automatu na dílně (omezené prostory) by měla jeho velikost být také co nejmenší. Multifunkční automaty jsou umístěny na pracovních stolech a z toho důvodu je důležitá požadovaná i nízká hmotnost zařízení.

3.1 Kritéria

Tabulka 3.2 Zvolená kritéria pro multifunkční automat

Ozn.kritéria	Název kritéria	Jednotka	Popis	Typ kritéria
1)	Vrtací jednotka		Automaticky vrtá	Výnos
2)	Drážkovací kotouč		Automaticky drážkuje	Výnos
3)	Pořizovací cena	Kč	Čím vyšší, tím horší.	Náklad
4)	Šířka brousicích kotoučů	mm	Min.a max. brousicí plochy	Výnos
5)	Plocha automatu	m ²	Čím menší, tím méně prostoru zabere.	Náklad
6)	Hmotnost automatu	kg	Lehčí stroj menší hmotnost na pracovní plochu.	Výnos
7)	Spotřeba el. energie	kWh	Čím menší spotřeba, tím lépe.	Náklad

3.2 Varianty

3.2.1 Varianta A

Brusný multifunkční automat, dotykový display a snadné ovládání – přehledné a intuitivní menu optimalizované, zpracování zakázky, broušení všech možných materiálů, fazeta – 4 druhy, nastavení přední a zadní ochranná fazeta. Diamantové leštění s vysokým leskem přesné drážkování dle zakřivení a tloušťky čočky, vrtání s přesností 0,1mm až 30°.⁸



Obrázek 3.1 Varianta A lustrační foto⁸

Parametry:

Vrtací jednotka: Ne
 Drážkovací kotouč: Ano
 Cena: 368 875 Kč
 Rozsah broušení: 84mm
 Velikost v-š-h: 370-370-553mm
 Hmotnost: 39 Kg
 Spotřeba el. energie: 600 kWh

3.2.2 Varianta B

Barevná doteková obrazovka s velice rychlou reakcí. Požadovanou operaci zvolíte rychle a jednoduše pouhým dotekem prstu. Dosáhnete ještě větší produktivity díky volitelným funkcím, jako jsou automatické rozpoznání dírek a zářezů nebo načítání tvaru pomocí režimu focení. Kombinací nových algoritmů brousícího cyklu a regulací řezné síly máte zaručeny optimální výsledky při každém broušení.⁹



Obrázek 3.2 Varianta B ilustrační foto⁹

Parametry:

Vrtací jednotka: Ano

Drážkovací kotouč: Ne

Cena: 458 600 Kč

Rozsah broušení: 82mm

Velikost v-š-h: 370-370-540mm

Hmotnost: 40 Kg

Spotřeba el. energie: 500 kWh

3.2.3 Varianta C

Bez šablonový multifunkční automat s novou 3D digitální technologií snímání, centrování a blokování, kotouče pro materiály: sklo, plasty, vysokoindex, polykarbonát, trivex. Funkce frézování (ploché, ochranné), drážkování, leštění, Kotouče 18 – 90mm, krok drážkování 0,01mm, barvení.¹⁰



Obrázek 3.3 Varianta C Ilustrační foto¹⁰

Parametry:

Vrtací jednotka: Ano

Drážkovací kotouč: Ano

Cena: 490 560 Kč

Rozsah broušení: 82mm

Velikost v-š-h: 370-370-540mm

Hmotnost: 37 Kg

Spotřeba el. energie: 600 kWh

3.2.4 Varianta D

Automaty této společnosti jsou proslulé po celém světě. Jedná se o technicky velice vyspělá zařízení. Multifunkční automat poskytuje navíc dva speciální vysokorychlostní brusné kotouče, specializovaný brusný proces pro čočky se super hydrofobní úpravou a automatický 4D drážkovač M – Tracer je součástí multifunkčního automatu je to nejnovější periferní zařízení pro snímání tvaru obruby.¹¹



Parametry:

Vrtací jednotka: Ne
Drážkovací kotouč: Ne
Cena: 399 880 Kč
Rozsah broušení: 86mm
Velikost v-š-h: 540-462-597mm
Hmotnost: 55 Kg
Spotřeba el. energie: 450 kWh

Obrázek 3.4 Varianta D ilustrační foto¹¹

3.2.5 Varianta E

Automatické 3-D vrtání a drážkování. Krokový úkos a částečný okraj, vysoké zakřivení základních křivek, režim návrhu (pokročilý editor tvarů, částečné drážkování a zkosení, konstrukční řez a plošný útvar).¹²



Parametry:

Vrtací jednotka: Ano
Drážkovací kotouč: Ano
Cena: 440 000Kč
Rozsah broušení: 88mm
Velikost v-š-h: 570-540-460mm
Hmotnost: 45 Kg
Spotřeba el. energie: 400 kWh

Obrázek 3.5 Varianta E ilustrační foto¹²

3.2.6 Varianta F

Japonský multifunkční bez šablonový brusný automat. Má velký barevný dotykový displej. Má LS-82D je bloker, který zobrazuje tvar očnice v reálné velikosti jednoohniskové, multifokální nebo bifokální čočky. FD-80 je skener obruby a demo folie. Pomocí načítání obou očnic je možné skenovat i asymetrický rám.¹¹

**Parametry:**

Vrtací jednotka: Ano
Drážkovací kotouč: Ano
Cena: 502 824 Kč
Rozsah broušení: 84mm
Velikost v-š-h: 570-550-450mm
Hmotnost: 51 Kg
Spotřeba el. energie: 500 kWh

Obrázek 3.6 Varianta F ilustrační foto¹¹

3.2.7 Varianta G

Plně multifunkční automat jen bez vrtacího elementu.¹⁰

**Parametry:**

Vrtací jednotka: Ne
Drážkovací kotouč: Ano
Cena: 469 224Kč
Rozsah broušení: 84mm
Velikost v-š-h: 540-472-580mm
Hmotnost: 35 Kg
Spotřeba el. energie: 540 kWh

Obrázek 3.7 Varianta G ilustrační foto¹⁰

3.2.8 Tabulka všech variant

Tabulka 3.3 Varianty multifunkčních automatů

Kritéria	Varianty						
	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Pořizovací cena [Kč]	368875	458600	490560	399880	440000	502824	469224
4) Rozsah broušení[mm]	84	82	82	86	88	84	84
5) Plocha automatu [m ²]	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost automatu [kg]	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie [kWh]	600	500	600	450	400	500	540

U kritéria s použitím ANO se počítá u metod vícekritériálního rozhodování s hodnotou 1, při NE se počítá s hodnotou 0. Místo rozměru brousících kotoučů se bude dále pracovat s jejich pracovním rozsahem.

3.3 Stanovení koeficientů významnosti

Pro určení koeficientu významnosti byla vybrána metoda porovnání v trojúhelníku párů. Vybrán byl pětičlenný tým hodnotitelů, kteří budou multifunkční automaty využívat. První dva jsou žáci čtvrtého ročníku, třetí a čtvrtý hodnotitel jsou učitelé odborného výcviku a poslední je člověk z provozní oční optiky. Hodnotitelům jsem připravila a předala dotazníky, viz obrázek 3.1 a přílohy A až E, které vyplnili dle pokynů a svého uvážení.

3. Expert učitel odborného vyučování

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Polizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
4) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
5) Objem mul. automatu	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium, které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7	7
	2	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7	7
		3	3	3	3	3
		4	5	6	7	7
			4	4	4	4
			5	6	7	7
				5	5	5
				6	7	7
					6	6
						7

Obrázek 3.8 Dotazník

Následně jsem dotazníky vyhodnotila a dosažené body jsem zaznamenala do tabulky 3.4 a vypočítala koeficienty významnosti, které jsem poté normovala.

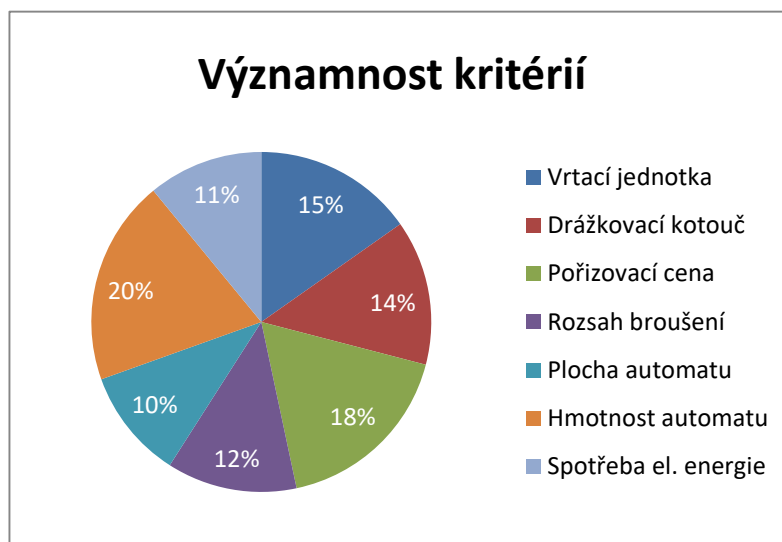
Tabulka 3.4 Bodové hodnocení kritérií

Experti	Kritéria						
	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
1.	4,5	4,5	4,5	0,5	2	3,5	1,5
2.	4	3	3	3,5	1,5	5	1
3.	3	4	3	5	1	2	3
4.	1,5	0,5	3	3	5	5	3
5.	3	2,5	5	1	1,5	5	3
Y_j	16	14,5	18,5	13	11	20,5	11,5
B_j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3
B_{jn}	0,1524	0,1381	0,1762	0,1238	0,1048	0,1952	0,1095

$$Y_j = \sum_l^p Y_{kj} \quad Y_1 = 4,5 + 4 + 3 + 1,5 + 3 = 16 \quad (1.2)$$

$$B_j = \frac{Y_j}{p} \quad B_1 = \frac{16}{5} = 3,2 \quad (1.3)$$

$$B_{jn} = \frac{B_j}{\sum_1^m B_j} \quad B_{1n} = \frac{3,2}{21} = 0,1524 \quad (1.4)$$



Graf 3.1 Porovnání koeficientů významnosti

Na základě výsledku překvapivě kritérium cena vyšlo až na druhém místě za kritériem hmotnost automatu.

3.4 Řešení rozhodovacího problému metodou Bazickou

Rozhodovací metoda byla volena metoda bazická. Ke každému kritériu byl určen typ kritéria výnos (+) nebo náklad (-). Výnosy se určují tak, že kritérium, jako například počet brousících kotoučů – čím více, tím lépe, proto je bráno jako výnos. Naopak náklad se určuje tak, že kritérium, jako například cena – čím je nižší, tím lépe, je tudíž bráno jako náklad. U daných kritérií se propočtou hodnoty bazické (fiktivní varianty) a provede se dílčí porovnávání všech variant s variantou bazickou Z_{ij} včetně zohlednění koeficientem významnosti⁵, viz postup v kapitole 1.3.2. Tabulka 3.7 obsahuje konečné výsledky.

$$h_{b4} = \frac{84+82+82+86+88+84+84}{6} = 84,286$$

$$\text{Pro kritéria typ náklady: } Z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \times B_j \quad Z_{A3} = \frac{447\,137,571}{368\,875} \times 3,7 = 4,485 \quad (1.5)$$

$$\text{Pro kritéria typ výnosy: } Z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \times B_j \quad Z_{A4} = \frac{84}{84,286} \times 2,6 = 4,060 \quad (1.6)$$

Kde: h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické metody

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

Z_{ij} – výsledná hodnota ij-tého kritéria

$$S_E = 5,600 + 4,060 + 3,760 + 2,715 + 1,785 + 4,276 + 2,949 = 25,145$$

– viz tabulka 3.7

Tabulka 3.5 Bazická varianta

Varianty	Kritéria						
	1) +	2) +	3) –	4) +	5) –	6) +	7) –
A	NE	ANO	368 875	84	75	39	600
B	ANO	NE	458 600	82	73	40	500
C	ANO	ANO	490 560	82	73	37	600
D	NE	NE	399 880	86	148	55	450
E	ANO	ANO	440 000	88	141	45	400
F	ANO	ANO	502 824	84	144	51	500
G	NE	ANO	469 224	84	147	35	540
B_j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3
h_{bj}	0,571	0,714	447 137,571	84,286	114,429	43,143	512,857

Vstupní informace bylo potřeba upravit na číselné hodnoty, viz tabulka 3.6.

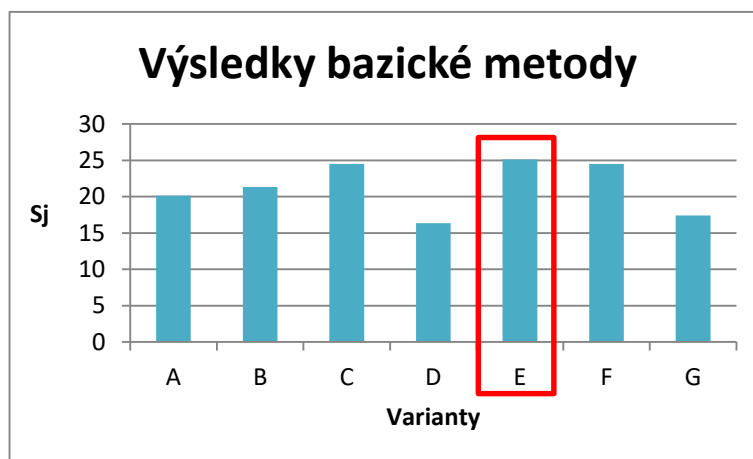
Tabulka 3.6 Úprava vstupních informací

Varianty	Kritéria						
	1) +	2) +	3) –	4) +	5) –	6) +	7) –
A	0	1	368 875	84	75	39	600
B	1	0	458 600	82	73	40	500
C	0	1	490 560	82	73	37	600
D	0	0	399 880	86	148	55	450
E	1	1	440 000	88	141	45	400
F	1	1	502 824	84	144	51	500
G	0	1	469 224	84	147	35	540
B _j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3
h _{bj}	0,571	0,714	447 137,571	84,286	114,429	43,143	512,857

Tabulka 3.7 Výsledné hodnoty bazické metody

Varianty	Kritéria								
	1) +	2) +	3) –	4) +	5) –	6) +	7) –	S_j	V_j
A	0,000	4,060	4,485	2,591	3,357	3,706	1,966	20,165	5
B	5,600	0,000	3,608	2,529	3,449	3,801	2,359	21,346	4
C	5,600	4,060	3,372	2,529	3,449	3,516	1,966	24,493	3
D	0,000	0,000	4,137	2,653	1,701	5,227	2,621	16,339	7
E	5,600	4,060	3,760	2,715	1,785	4,276	2,949	25,145	1
F	5,600	4,060	3,290	2,591	1,748	4,847	2,359	24,495	2
G	0,000	4,060	3,526	2,591	1,713	3,326	2,184	17,400	6
B _j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3		
h _{bj}	0,571	0,714	447 137,571	84,286	114,429	43,143	512,857		

Nejlepšího výsledku pomocí bazické metody dosáhla varianta E, jak je vidět v tabulce 3.7 a grafu 3.2, následují varianty F a C.



Graf 3.2 Výsledek bazické metody

3.5 Řešení metodou Pattern

Vstupní informace bylo potřeba upravit na číselné hodnoty a vzhledem k principu metody u prvních dvou kritérií byla zavedena matematická chyba. Hodnoty byly navýšeny o hodnotu 0,1, viz tabulka 3.8. Nejprve byly nalezeny nejhorší hodnoty, v tabulce 3.8 jsou označeny červeně.

Tabulka 3.8 Úprava vstupních informací

Varianty	Kritéria						
	1) +	2) +	3) –	4) +	5) –	6) +	7) –
A	0,1	1,1	368 875	84	75	39	600
B	1,1	0,1	458 600	82	73	40	500
C	0,1	1,1	490 560	82	73	37	600
D	0,1	0,1	399 880	86	148	55	450
E	1,1	1,1	440 000	88	141	45	400
F	1,1	1,1	502 824	84	144	51	500
G	0,1	1,1	469 224	84	147	35	540
B _j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3

V tabulce 3.9 jsou provedeny propočty dle uvedených vztahů a na základě dosažených výsledků jsou stanovena konečná pořadí variant.

$$+Z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{ij1}} \times B_j \quad +Z_{A6} = \frac{39}{35} \times 4,1 = 4,569 \quad (1.5)$$

$$-Z_{ij} = \frac{h_{ij1}}{h_{ij}} \times B_j \quad -Z_{A3} = \frac{502\,824}{368\,875} \times 3,7 = 5,044 \quad (1.6)$$

Kde: Z_{ij} – výsledná hodnota j-tého kritéria

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

h_{ij1} – hodnota indexu 1,00 u metody PATTERN

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

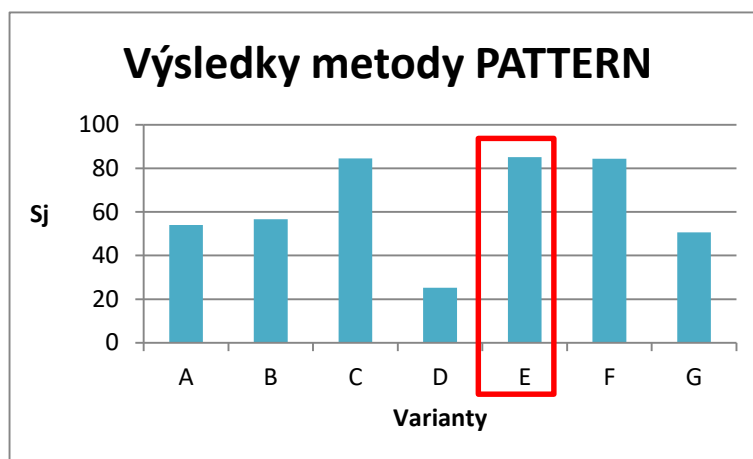
$$S_E = 35,200 + 31,900 + 4,228 + 2,790 + 2,294 + 5,271 + 3,450 = 85,134$$

– viz tabulka 3.9.

Tabulka 3.9 Výsledné hodnoty metody PATTERN

Varianty	Kritéria								V_j
	1) +	2) +	3) –	4) +	5) –	6) +	7) –	S_j	
A	3,200	31,900	5,044	2,663	4,312	4,569	2,300	53,988	5
B	35,200	2,900	4,057	2,600	4,430	4,686	2,760	56,633	4
C	35,200	31,900	3,793	2,600	4,430	4,334	2,300	84,557	2
D	3,200	2,900	4,653	2,727	2,185	6,443	3,067	25,174	7
E	35,200	31,900	4,228	2,790	2,294	5,271	3,450	85,134	1
F	35,200	31,900	3,700	2,663	2,246	5,974	2,760	84,444	3
G	3,200	31,900	3,965	2,663	2,200	4,100	2,556	50,584	6
B_j	3,2	2,9	3,7	2,6	2,2	4,1	2,3		

Nejlepšího výsledku pomocí metody PATTERN dosáhla varianta E, jak je vidět v tabulce 3.9 a grafu 3.2. V těsném závěsu se umístily varianty C a F.



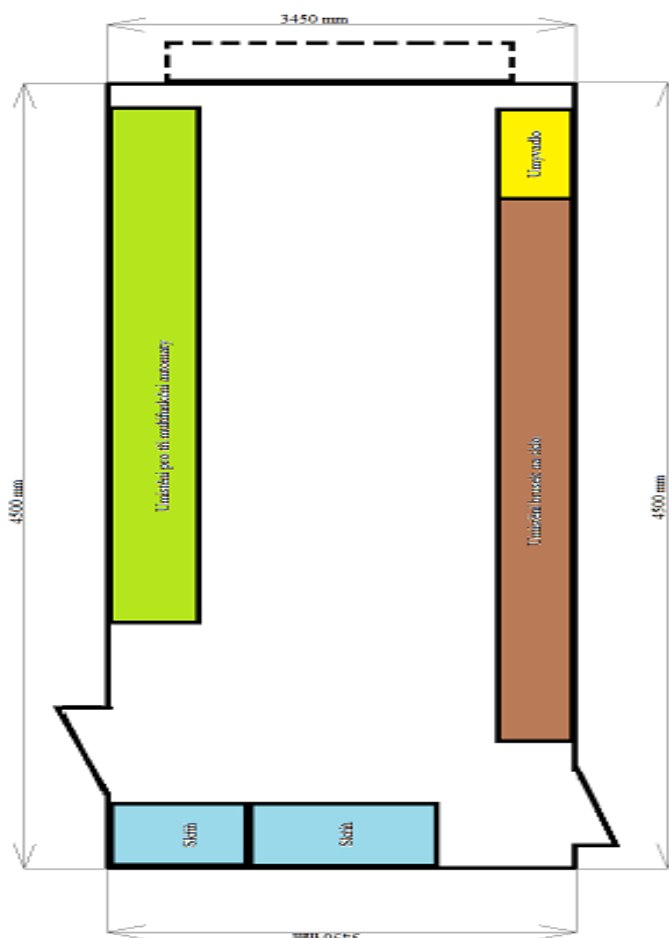
Graf 3.3 Výsledek metody PATTERN

Tabulka 3.10 Srovnání metod

Pořadí	Bazická metoda	Metoda PATTERN
1	E	E
2	F	C
3	C	F
4	B	B
5	A	A
6	G	G
7	D	D

3.6 Prostorové uspořádání

Díky projektu OKAP bude nejen nakoupen nový multifunkční automat, ale bude zřízena celá nová optická dílna. Tato dílna je zatím v rekonstrukci, ale její rozvržení je velmi efektivní pro umístění daného multifunkčního automatu. Velikost dané dílny je 4,5 x 3,450 m, tato dílna bude umístěna vedle původní dílny, na kterou bude navazovat.



Obrázek 3.9 Nové umístění multifunkčního automatu

4 Zhodnocení a závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo najít správnou variantu multifunkčního automatu, který by splňoval všechna požadovaná kritéria.

Na základě výsledků metod vícekritériálního rozhodování bych doporučila k nákupu variantu E, která v obou použitých metodách vyšla jako nejlepší. Na druhém a třetím místě se umístily varianty C a F, jejichž výsledky se jen málo lišily od vítězné varianty.

Osobně bych doporučila vítěznou variantu E. Její výhodou je nejnížší pořizovací cena. Za uspořené finance bude možno pořídit v rámci projektu další položky pro nově budované Centrum optiky. Jelikož kapacita stávajících prostor je nedostačující, bude díky projektu OKAP zřízeno a vybaveno celé nové pracoviště.

Analýzou počtu studentů a počtu hodin jsem zjistila, že by nebylo reálné přibrat ještě jednu skupinu, která by se měla vyučovat na stávajících multifunkčních automatech. Díky projektu pro nákup multifunkčního automatu byla zvolena kritéria, která byla předvedena v dotazníku pěti hodnotitelům. Metodou trojúhelníku páru zvolili vhodná kritéria. Použitím metod vícekritériálního rozhodování Pattern a Bazická metoda, byla zvolena vhodná varianta multifunkčního automatu. Tato varianta splňuje veškeré dané požadavky.

Tento výsledek byl předložen vedení střední školy a to jej akceptovalo. Zvolená varianta bude pořízena v blízké době, z finančních prostředků Krajského úřadu.

Seznam použité literatury

1. Rutrle, Miloš. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. 143 s. ISBN 80A7013A347A3.
2. *The History of edging lenses* [online]. Optical Lab Products, 2008 [vid.20110427]. Dostupné z WWW: <http://www.visioncareproducts.com/ME2/Audiences/dirmod.asp?sid=&nm=&type=Publishing&mod=Publications%3A%3AArticle&mid=8F3A7027421841978F18BE895F87F791&tier=4&id=08ED8F65138E42A589D85156D1DA5171&AudID=9A2B7979EB69442CA8558B5CB4282694v>
3. *The History of edging lenses* [online]. Neuvedeno : Optical Lab Products, 2008 [vid.20110427]. Dostupné z WWW: <http://www.visioncareproducts.com/ME2/Audiences/dirmod.asp?sid=&nm=&type=Publishing&mod=Publications%3A%3AArticle&mid=8F3A7027421841978F18BE895F87F791&tier=4&id=08ED8F65138E42A589D85156D1DA5171&AudID=9A2B7979EB69442CA8558B5CB4282694v>
4. POLÁŠEK, J., a kol. *Technický sborník oční optiky*. Praha: SNTL, 1974.
5. ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text* [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012, 1 DVD-ROM [vid. 2016-02-22]. ISBN 978-80-248-2775-9
6. *Střední škola elektrotechnická* [online]. [vid 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.sse-najizdarne.cz/dilny-optiky-2/>
7. *Střední škola elektrotechnická* [online]. [vid 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.sse-najizdarne.cz/o-skole-2/>
8. *Přístroje pro optiky a optometristy* [online]. [vid 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.omega-optix.cz/sk-sk/pristroje-pro-optiky-a-optometristy?m=2>
9. Essilor [online]. [viz 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.essilor.cz/CS/Pristroje/Stranky/Neksia.aspx>
10. *Developtik* [online]. [vid 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.developtik.cz/>
11. *HNS mechanik* [online]. [vid 21.5. 2018] Dostupné z: <http://www.hnsmechanix.com/takubomatic/v-nabidce-opet-take-sablonovy-automat-%20takubomatic-ecom-6>
12. *Nidek Co* [online]. [vid 21.5.2018] Dostupné z: http://www.nidekintl.com/product/lens/lens_edger/lens_lens_edger/me1200.html
13. Topcon [online]. [viz 21.5.2018] Dostupné z: <http://www.topcon.co.jp/en/eyecare/product/proce/ale/ale.html>
14. Gros I. a kolektiv *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. ISBN 978-80-7080-952-5

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 SŠE Na Jízdárně 30, Ostrava⁷

Obrázek 3.1 Varianta A ilustrační foto⁸

Obrázek 3.2 Varianta B ilustrační foto⁹

Obrázek 3.3 Varianta C Ilustrační foto¹⁰

Obrázek 3.4 Varianta D ilustrační foto¹¹

Obrázek 3.5 Varianta E ilustrační foto¹²

Obrázek 3.6 Varianta F ilustrační foto¹¹

Obrázek 3.7 Varianta G ilustrační foto¹⁰

Obrázek 3.8 Dotazník

Seznam grafů

Graf 2.1 Vývoj počtu žáků na SŠE

Graf 2.2 Podíl vyučovacích hodin za školní rok na multifunkčním automatu

Graf 2.3 Znárodnění investic

Graf 3.1 Porovnání koeficientů významnosti

Graf 3.2 Výsledek bazické metody

Graf 3.3 Výsledek metody PATTERN

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Historie broušení a korekčních pomůcek
Tabulka 1.2 Vývoj multifunkčních automatů
Tabulka 1.3 Příklad hodnocení kritérií 2. hodnotitele
Tabulka 1.4 Bodové hodnocení
Tabulka 1.5 Prostorové uspořádání
Tabulka 2.1 Počet hodin za školní rok v ročnících
Tabulka 2.2 Výpočet časových fondů za rok 2017
Tabulka 2.3 Multifunkční automaty ve školní dílně SŠE
Tabulka 3.1 Výhody a nevýhody multifunkčního automatu
Tabulka 3.2 Zvolená kritéria pro multifunkční automat
Tabulka 3.3 Varianty multifunkčních automatů
Tabulka 3.4 Bodové hodnocení kritérií
Tabulka 3.5 Bazická varianta
Tabulka 3.6 Úprava vstupních informací
Tabulka 3.7 Výsledné hodnoty bazické metody
Tabulka 3.8 Úprava vstupních informací
Tabulka 3.9 Výsledné hodnoty metody PATTERN
Tabulka 3.10 Srovnání metod

Seznam příloh

Příloha A – 1. hodnotitel

Příloha B – 2. hodnotitel

Příloha C – 3. hodnotitel

Příloha D – 4. hodnotitel

Příloha E – 5. hodnotitel

Příloha A – 1. hodnotitel

1. Expert Zák 4. ročníku

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Pořizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
4) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
5) Objem mul.automatu	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7
	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7
		3	3	3	3
		4	5	6	7
			4	4	4
			5	6	7
				5	5
				6	7
					6
					7

Příloha B – 2. hodnotitel

2. Expert učitel odborného vyučování

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Pořizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
4) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
5) Objem mul.automatu	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium, které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7
	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7
		3	3	3	3
		4	5	6	7
			4	4	4
			5	6	7
				5	5
				6	7
					6
					7

Příloha C – 3. hodnotitel

3. Expert učitel odborného vyučování

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Pořizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
4) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
5) Objem mul.automatu	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium, které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

①	①	1	①	1	1
2	3	④	5	⑥	⑦
	②	②	②	②	2
	3	4	5	6	⑦
		3	③	③	③
		④	5	6	7
			④	④	④
			5	6	7
				⑤	5
				6	⑦
					⑥
					7

Příloha D – 4. hodnotitel

4. Expert učitel odborného vyučování

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
1) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
2) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
3) Pořizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
4) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
5) Objem mul.automatu	75	73	73	148	141	144	147
6) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
7) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium, které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7
	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7
		3	3	3	3
		4	5	6	7
			4	4	4
			5	6	7
				5	5
				6	7
					6
					7

Příloha E – 5. hodnotitel

5. Expert Oční optik

Kritéria	A	B	C	D	E	F	G
8) Vrtací jednotka	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
9) Drážkovací kotouč	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
10) Pořizovací cena	368 875	458 600	490 560	399 880	440 000	502 824	469 224
11) Rozsah břitů	84	82	82	86	88	84	84
12) Objem mul.automatu	75	73	73	148	141	144	147
13) Hmotnost multi.automatu	39	40	37	55	45	51	35
14) Spotřeba el. energie	600	500	600	450	400	500	540

Prosím zakroužkujte v trojúhelníkové tabulce u jednotlivých párů vždy to kritérium, které je podle Vás významnější. V případě že nejste schopni v některém páru kritéria vzájemně porovnat, nebo považujete obě kritéria za stejně důležitá, pak zakroužkujte obě.

1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7
	2	2	2	2	2
	3	4	5	6	7
		3	3	3	3
		4	5	6	7
			4	4	4
			5	6	7
				5	5
				6	7
					6
					7